昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, August 2006, 49(4):625 - 629 ISSN 0454-6296

B 型烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上的刺吸取食行为

岳　梅,罗　晨[*],郭晓军,张芝利

(北京市农林科学院植保环保所,北京　100089)

摘要:利用刺吸电波技术(EPG)记录了 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* 在甘蓝 *Brassica oleracea* L. var. *caqitata*、西葫芦 *Cucurbita pepo* L.和辣椒 *Capsicum annuum* L.上的刺吸取食波形。结果表明,3 种寄主植物的适合度为甘蓝 > 西葫芦 > 辣椒。在所观察的 25 头烟粉虱中,到达甘蓝、西葫芦和辣椒韧皮部的个体数分别为 24、19 和 15,其中持续吸食头数为 22、10 和 1。在第一阶段(从刺吸开始到第一个 E(pd)1 出现),烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒 3 种植物上非刺探时间所占比例分别为 9.59%、23.55%和 36.97%,三者差异显著;在第二阶段(从第一个 E(pd)1 出现到第一次韧皮部持续吸食),烟粉虱在甘蓝和西葫芦上所考察的 4 个指标无显著差异;在第三阶段(从第一次韧皮部持续吸食至记录结束),烟粉虱在甘蓝上第一次韧皮部持续吸食后的刺探次数(4.73)显著低于在西葫芦上的刺探次数(13.40)。在自由状态下,烟粉虱 60 min 内在甘蓝、西葫芦和辣椒上留存粉虱的百分比分别为 100%、88%和 28%,这进一步验证了上述依据 EPG 记录得到的结果。

关键词:B 型烟粉虱;寄主植物;EPG;刺吸取食行为

中图分类号:Q965　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:0454-6296(2006)04-0625-05

Probing and feeding behaviors of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype on three host plants

YUE Mei, LUO Chen[*], GUO Xiao-Jun, ZHANG Zhi-Li (Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China)

Abstract: Probing and feeding behaviors of the whitefly *Bemisia tabaci* B biotype on cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *caqitata*), summer squash (*Cucurbita pepo* L.) and hot pepper (*Capsicum annuum* L.) were recorded respectively using electrical penetration graph (EPG) technique. The results showed that the adaptability of the whitefly varied with plant species, *i.e.*, cabbage > summer squash > hot pepper. Out of 25 individuals recorded on each host plant species, 24, 19 and 15 individuals reached phloem while 22, 10 and 1 individual(s) had sustained sap ingestion on cabbage, summer squash and hot pepper, respectively. Before they reached the phloem (the first period), the percentage of whitefly non-probing were 9.59%, 23.55% and 36.97% respectively on host plant species in the same order as above. After they reached the phloem (the second period), whiteflies behaved similarly in terms of four parameters on cabbage and summer squash. In the third period, new probes after 1st sustained ingestion on cabbage leaves (4.73) were obviously less than on summer squash (13.40). Observations on the probing and feeding behaviors of free whiteflies confirmed the EPG results as above: the percentages of whiteflies stayed on leaves within 60 min were 100%, 88% and 28% on cabbage, summer squash and hot pepper, respectively.

Key words: *Bemisia tabaci* B biotype; host plants; EPG; probing and feeding behaviors

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是一种世界性分布的害虫,除直接危害寄主植物外,也可分泌蜜露,诱发霉菌病,同时还可传播多种病毒(Brown, 1994)。到 2001 年,已报道烟粉虱有 24 个生物型(Perring, 2001),其中,B 型烟粉虱寄主范围广,存活力强,产卵量大,传播病毒广泛,为害最为严重。20 世纪 80

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G2002B111400);北京市科技新星项目(H02081350130)

作者简介:岳梅,女,1980 年 5 月生,山东泰安人,硕士,研究方向为化学生态学,E-mail:yuemei@126.com

[*] 通讯作者 Author for correspondence, E-mail:Luochen@yahoo.com.cn

收稿日期 Received:2005-11-30;接受日期 Accepted:2006-03-14

年代以来，随着花卉和其他苗木的调运，B型烟粉虱在世界各地广泛传播与蔓延，已成为全球性的重要害虫之一，经济损失严重时平均每年超过3亿美元（de Barro and Driver，1997）。

烟粉虱属具有刺吸式口器的植食性昆虫，了解其在植物上的取食行为，从而可以筛选抗性植物品种，探索烟粉虱传播病毒的机制，更好地控制其为害。刺吸式昆虫在取食时口针插入植物体内，在外部很难知道昆虫的具体行为，刺吸电位技术（EPG）为研究刺吸式昆虫的刺吸和取食行为以及其影响因素提供了一个有用的工具。烟粉虱刺吸取食波形的研究相比蚜虫和温室粉虱较晚，Jiang等（1999，2003）对烟粉虱的刺吸取食行为进行了研究，为进一步利用EPG技术研究烟粉虱与寄主植物的关系提供了可能。B型烟粉虱寄主范围虽广，但是对各种寄主的取食存在偏好，不同寄主植物对其生长发育和繁殖有显著影响（Tsai and Wang，1996；林克剑等，2003）。甘蓝、西葫芦和辣椒是B型烟粉虱取食偏好差异较大的3种寄主植物，但造成这种差异的根本原因尚未知。本实验应用EPG技术研究了B型烟粉虱在这三种植物上的刺吸取食波形，并辅以自由状态下的行为观察，为深入研究烟粉虱与寄主植物的关系以及B型烟粉虱的扩散机制提供方法和理论依据。

1 材料和方法

1.1 植物和昆虫

供试植物甘蓝（8918，*Brassica oleracea* L. var. *caqitata*）、西葫芦（绿宝石，*Cucurbita pepo* L.）和辣椒（中辣1号，*Capsicum annuum* L.）购于中国农业科学院蔬菜研究所种子公司。室内培育净苗，3～4片真叶时用于实验。

烟粉虱采自北京市农林科学院蔬菜地，室内置于饲养笼内以番茄繁殖续代。在烟粉虱对甘蓝（西葫芦）的取食实验中，粉虱分别在实验植物上饲养1代；在烟粉虱对辣椒取食实验中，由于生物学观察B型烟粉虱在辣椒上不能完成1个世代，故实验前仅将粉虱成虫放在辣椒苗上适应24 h。实验前，将附有单头伪蛹（红眼明显）的叶片剪下，置于铺有滤纸保湿的培养皿中，待羽化后，取24 h内未交配的成虫用于实验。

1.2 EPG记录

成虫EPG实验主要分为4个步骤：第1步是焊接铜丝，粘连金丝；第2步是将粉虱固定在培养皿底部；第3步粘连粉虱；第4步放置粉虱。各步骤详见岳梅等（2005）。粉虱放置在第3片叶背面，将铜钉插入探头，开始实验记录。每头粉虱只用于1个记录，每株植物仅用1次，每种植物上的实验数均为25头，记录时间为6 h，金丝直径10 μm。

EPG信号放大器为荷兰Wageningen大学昆虫学实验室研制Giga-4型直流放大器，负责把从输入探头传来的电信号转换成数字信号的是一个转换器（DI-720，DATAQ INSTRUMENTS），连于放大器和电脑之间，支持软件为转换器自带分析软件（WINDAQ）。刺探电位信号首先记录、保存到计算机硬盘上，然后用分析软件对波形进行识别和分析。

烟粉虱属于在植物韧皮部吸食的类型，其口针在不同植物组织内所对应的EPG波形不同。EPG各种波形的生物学意义参见雷宏和徐汝梅（1996）。本实验将整个记录过程分为三个阶段：第一阶段从刺吸开始到第一个E（pd）1出现；第二阶段从第一个E（pd）1出现到第一次韧皮部持续吸食；第三阶段从第一次韧皮部持续吸食至记录结束，选取14种指标进行分析（表1～3），具体方法参见闫凤鸣（2000）。

1.3 自由状态下烟粉虱取食行为观察

自由状态下观察时间为60 min，每种植物上的供试虫数为25头。实验前，先将新鲜叶片放入培养皿中，叶片背面朝上，柄部用吸满水的脱脂棉包住用以保湿，并将培养皿放到双目解剖镜下。烟粉虱成虫倒入培养皿后，迅速将培养皿盖好。待粉虱落在叶片上以后，将培养皿的盖子拿开。粉虱落到叶片上以后，观察粉虱的活动，静止与爬行阶段为非刺吸活动，口针插入叶片为刺吸活动，选取5个指标进行分析。5个指标分别为：（1）存留粉虱的百分比；（2）非刺探时间所占比例；（3）个体刺探时间；（4）粉虱离开叶片前最后一次刺探的时间；（5）粉虱离开叶片前所用时间（表4）。

1.4 统计分析

应用统计软件为SPSS 11.0 for windows。B型烟粉虱在3种寄主植物上同一指标的差异应用单因素方差分析，3种寄主植物间两两比较选用LSD多重比较分析；两种植物同一指标的差异应用独立样本的T检验进行分析。百分数数据进行反正弦转换后再进行显著性分析，各处理间的显著性差异均设为$P=0.05$水平。

2　结果和分析

烟粉虱的波形共记录到 7 种，分别为 A、C、E、F、G、pd 以及 np 波，典型波形见岳梅等(2005)。

2.1　B 型烟粉虱在三种寄主植物上的刺吸取食行为

第一阶段(粉虱口针位于表皮和韧皮部之间的过程)：粉虱刺吸次数、短于 2 min 的刺吸次数均较多，依次为甘蓝 < 西葫芦 < 辣椒，但是差异不显著。非刺探时间所占比例在甘蓝、西葫芦和辣椒上分别为 9.59%、23.55%和 36.97%，三者之间差异显著。第一次刺吸即到达韧皮部的比例以甘蓝为最高。在记录的 25 头粉虱中，甘蓝到达韧皮部的个体数为 24，西葫芦为 19，辣椒仅为 15(表 1)，表明甘蓝从表皮-叶肉层开始就显示出比其他两种寄主高的适合度。

第二阶段(第一次到达韧皮部至第一次韧皮部持续吸食)：在甘蓝叶片上，到达韧皮部的 24 头粉虱中，有 22 头可以在韧皮部持续吸食；西葫芦叶片上 19 头到达韧皮部的粉虱中，有 10 头在韧皮部持续吸食；而到达辣椒韧皮部的 15 头粉虱中，仅有 1 头能在韧皮部持续吸食。此阶段的 4 个指标中，烟粉虱在西葫芦叶片上所用时间均高于在甘蓝叶片上，但是差异均不显著(表 2)。

第三阶段(从第一次韧皮部持续吸食到结束)：B 型烟粉虱在甘蓝叶片上第一次韧皮部持续吸食时间比在西葫芦叶片上略高，但是差异不显著。第一次到达韧皮部即能持续吸食的粉虱比例甘蓝叶片与西葫芦叶片相差不大。第一次韧皮部持续吸食后，粉虱吸食韧皮部的时间与剩余总时间的百分比和第一次韧皮部持续吸食后的刺探次数均存在显著差异(表 3)。

表 1　B 型烟粉虱在三种寄主植物上从刺探开始到第一次到达韧皮部的过程

Table 1　Probing and feeding behaviors of *Bemisia tabaci* B biotype from the start of penetration to achieving phloem on three host plants

指标 Parameters	甘蓝 Cabbage	西葫芦 Summer squash	辣椒 Hot pepper
	$n = 24$	$n = 19$	$n = 15$
刺吸次数 Probes (*N*)	21.36 ± 5.57 a	26.44 ± 6.15 a	31.48 ± 4.73 a
短于 2 min 的刺吸次数 Probes < 2 min (*N*)	12.00 ± 3.93 a	17.32 ± 4.83 a	20.76 ± 3.65 a
非刺吸时间所占比例 Non-probing (%)	9.59 ± 2.32 c	23.55 ± 4.66 b	36.97 ± 4.78 a
(反正弦值 Asin)	(5.57 ± 1.36)	(14.27 ± 2.97)	(22.60 ± 3.07)
本阶段所用时间 (h) Time to 1st phloem phase (h)	2.11 ± 0.33 a	2.09 ± 0.46 a	1.96 ± 0.33 a
第一次到达韧皮部所用时间 (min) Time to 1st phloem phase within probe (min)	24.07 ± 2.95 a	25.42 ± 7.53 a	12.92 ± 2.70 a
第一次刺吸就到达韧皮部的粉虱比例 (%) Whiteflies with phloem phase in 1st probe (%)	8	4	0

表中数据为平均数 ± 标准误，统计分析使用 SPSS 单因素方差分析，不同处理间的差异显著性($P = 0.05$)用数字后的不同字母表示。下同。

The data in the table are mean ± SE. Different letters indicate significant differences between treatments at $P = 0.05$ level under SPSS One-Way ANOVA. The same below.

表 2　B 型烟粉虱在三种寄主植物上从第一次到达韧皮部至第一次韧皮部持续吸食的过程

Table 2　Probing and feeding behaviors of *Bemisia tabaci* B biotype from the 1st phloem phase to the 1st sustained phloem ingestion on three host plants

指标 Parameters	甘蓝 Cabbage	西葫芦 Summer squash	辣椒 Hot pepper
	$n = 22$	$n = 10$	$n = 1$
本阶段所用时间 Duration of period Ⅱ (min)	26.50 ± 8.50 a	28.51 ± 10.27 a	12.92
在整个记录中，至第一次韧皮部持续吸食所用时间 (h) Time to 1st sustained phloem ingestion within experiment (h)	1.84 ± 0.34 a	1.98 ± 0.61 a	1.27
第一次持续吸食前韧皮部唾液分泌的总时间 (min) Total phloem salivation before 1st sustained ingestion (min)	2.60 ± 0.57 a	3.08 ± 0.89 a	3.11
恰在第一次持续吸食前的那一次韧皮部唾液分泌时间 (min) Phloem salivation just before 1st sustained ingestion (min)	1.72 ± 0.48 a	2.66 ± 0.79 a	3.11

2.2　B 型烟粉虱自由状态下在三种寄主植物上的刺吸取食行为

在 60 min 的观察时间内，B 型烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上的滞留虫数差异显著。在辣椒上，烟粉虱非刺吸时间所占比例显著高于在甘蓝和西葫芦上。有 3 头烟粉虱离开了西葫芦叶片，18 头烟粉虱离开了辣椒叶片，离开前最后一次刺吸的时间以及从记录开始到粉虱离开叶片所用时间差异均不显著(表 4)。

表 3 B 型烟粉虱在三种寄主植物上从第一次韧皮部持续吸食至记录结束的过程

Table 3 Probing and feeding behaviors of *Bemisia tabaci* B biotype from the 1st sustained phloem ingestion to the end of recording on three host plants

指标 Parameters	甘蓝 Cabbage	西葫芦 Summer squash	辣椒 Hot pepper
	n = 22	*n* = 10	*n* = 1
第一次韧皮部持续吸食所用时间 (h) Duration of 1 st sustained phloem ingestion period (h)	1.72 ± 0.31 a	1.50 ± 0.57 a	0.42
第一次到达韧皮部即能持续吸食的粉虱比例 (%) Whiteflies in 1st phloem phase included sustained phloem ingestion (%)	68.18	70	–
第一次韧皮部持续吸食后,韧皮部相所占时间的百分比 (%) Time in phloem phase after start of 1st sustained phloem ingestion (%) (**反正弦值** Asin)	66.53 ± 6.43 a (48.09 ± 5.84)	59.71 ± 13.39 b (47.76 ± 12.15)	28.72
第一次韧皮部持续吸食后的刺探次数 New probes after 1st sustained ingestion	4.73 ± 1.75 b	13.40 ± 5.25 a	40

表 4 B 型烟粉虱自由状态下在三种寄主植物上的刺吸取食行为

Table 4 Probing and feeding behaviors of free *Bemisia tabaci* B biotype on three host plants

指标 Parameters	甘蓝 Cabbage	西葫芦 Summer squash	辣椒 Hot pepper
剩余粉虱的百分比 Percentage of whiteflies that staying on the leaf (%)	100	88	28
非刺吸时间所占比例 Percentage of time in non-probing activities of total observation time (%)	16.20 ± 1.06 b	18.63 ± 0.89 b	35.90 ± 1.16 a
(**反正弦值** Asin)	(9.34 ± 0.62)	(10.75 ± 0.52)	(21.09 ± 0.71)
粉虱个体刺吸时间 (min) Average time of individual probes (min)	50.3 ± 0.6 a	48.0 ± 0.8 a	22.3 ± 2.0 b
粉虱离开叶片前最后一次刺吸的时间 (min) Duration of last probe till leaving leaf (min)	–	18.4 ± 2.4 a	8.8 ± 0.8 a
从记录开始到粉虱离开叶片所用时间 (min) Duration of observation till leaving leaf (min)	–	51.1 ± 1.6 a	25.6 ± 1.3 a

3 讨论

3.1 EPG 波形的生物学意义

刺探行为是刺吸式昆虫降落在植物上后选择寄主的重要活动,刺探过程是从昆虫口针与植物表面接触开始,穿刺从表皮到韧皮部连续多层细胞,最后到达韧皮部取食。口针在行进过程中分泌的唾液能溶解植物细胞间的连接,并减少前进中的阻力。EPG 技术可以反映刺吸式昆虫对寄主植物的接受程度、传毒行为与取食过程的关系等,这在对蚜虫的 EPG 实验中研究得较为详细(张鹏飞等,2001;王斌等,2003;王咏妙等,2004)。

蚜虫第一次到达韧皮部前的非刺探历时可能是植物表面(嗅觉、味觉和物理)因子存在与否的最好指标(Prado and Tjallingii, 1999);第一次到达韧皮部前小于 2 min 的短波重复出现,表明表皮-叶肉组织存在抗性因子(Gabrys *et al*., 1997)。重复 C 波和 np 波的时序过渡变化,表明到达韧皮部筛管分子之前监测到抗蚜虫的它感化合物存在(Caillaud *et al*., 1995a)。粉虱 EPG 波形的生物学意义与蚜虫基本类似。本实验第一阶段烟粉虱刺吸次数以及短于 2 min 的刺吸次数均为辣椒最多,表明辣椒从表皮-叶肉层开始就表现出一定的抗性,从到达韧皮部的粉虱个数上也能明显看出 B 型烟粉虱对取食辣椒的不适应性。

E(pd)波和 C 波转换的频率高,用了较长时间到达韧皮部吸食,表示 E(pd)2 之前有长时间的 E(pd)1 波,这说明韧皮部吸食受阻,机械和化学因子都可能存在,其机械原因可能是蚜虫在筛管穿刺时被积累的质体和胼脂质阻断,而化学机制可能是韧皮部存在取食抑制剂或者缺少取食刺激剂(Caillaud *et al*., 1995b)。蚜虫在韧皮部分泌唾液时间较长和韧皮部吸食时间较短,与抗性植物的韧皮部汁液质量密切相关(van Helden and Tjallingii, 1993)。本实验中烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上到达韧皮部持续吸食的个体数分别为 22、10 和 1,表明甘蓝韧皮液适合 B 型烟粉虱取食而且基本没有机械因子的阻碍,西葫芦与甘蓝相比有一定的阻碍,可能是吸食受阻,也可能是韧皮部存在取食抑制剂或者缺少取食刺激剂,B 型烟粉虱对辣椒韧皮部极不适应,致使绝大部分到达韧皮部的粉虱不能在韧皮部持续吸食。为了进一步弄清烟粉虱在不同寄主植物上的取食机制,有必要对植物叶片的组织结构和植物次生物质进行深入研究。

3.2　EPG 技术的局限性

在 EPG 实验中，电路产生的电流、银胶的毒性和金丝的捆绑效应都能够影响昆虫的正常取食，其中以捆绑效应最为严重，可以减少昆虫 30% 的寿命和 35% ~ 50% 的产卵量（Tjallingii，1988）。受到金属丝的影响，昆虫表现在刺入提前、路径波变长，韧皮部取食减少并且推迟（Prado and Tjallingii，1999）。近年来，随着 EPG 技术的改进，EPG 本身带给昆虫的影响逐渐减少，例如银胶的制备，其毒性和气味对昆虫的影响越来越小，金丝也由原来的 20 μm 改为 10 μm，对于个体更小的昆虫，甚至制造出 2.5 μm 和 1.25 μm 的铂金丝。粘连方法上也有所改进，对于粉虱，已由过去的二氧化碳麻痹法改为冰冻法，从而减少了对昆虫的伤害。以上改进，使得 EPG 技术的可信度有很大程度的增加。自由状态下昆虫行为的观察无疑是对 EPG 结果的有力补充。本实验亦比较了自由状态下 B 型烟粉虱刺吸取食行为以及它们在三种寄主植物上的去留情况，结果显示自由状态下的观察结果与根据 EPG 记录得到的结果一致。

本实验所选烟粉虱仅为成虫，而对于为害同样严重、占据烟粉虱生活史很长时间的若虫阶段没有进行实验。另外，EPG 记录只是反映了昆虫在寄主植物上最初一段时间的取食状况，其长期效应还有待于进一步研究。

参考文献（References）

Brown JK，1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Prot. Bull.*，42（2）：1 – 32.

Caillaud CM，Pierre JS，Chaubet B，Pietro JPD，1995a. Analysis of wheat resistance to the cereal aphid *Sitobion avenae* using electrical penetration graphs and flow charts combined with correspondence analysis. *Entomol. Exp. Appl.*，75：9 – 18.

Caillaud CM，Pietro JPD，Chaubet B，Pierre JS，Di-Pietro JD，1995b. Application of discriminant analysis to electrical penetration graphs of the aphids *Sitobion avenae* feeding on resistance and susceptible wheat. *J. Appl. Entomol.*，119（2）：103 – 106.

de Barro PJ，Driver F，1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci*（Gennadius）（Homoptera：Aleyrodidae）. *Austr. J. Entomol.*，36：149 – 152.

Gabrys B，Tjallingii WF，van Beek TA，1997. Analysis of EPG recorded probing by cabbage aphid on host plant parts with different glucosinolate contents. *J. Chem. Ecol.*，23（7）：1 661 – 1 673.

Jiang YX，Lei H，Collar JL，Martin B，Muniz M，Fereres A，1999. Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci*（Homoptera：Aleyrodidae）on tomato plants. *J. Econ. Entomol.*，92（2）：357 – 366.

Jiang YX，Walker GP，2003. Electrical penetration graphs of the nymphal stage of *Bemisia argentifolii*. *Entomol. Exp. Appl.*，109：101 – 111.

Lei H，Xu RM，1996. EPG：an effective method to study the probing behaviour of plant depending and piercing sucking insects. *Entomological Knowledge*，33（2）：116 – 120.［雷宏，徐汝梅，1996. EPG——一种研究植食性刺吸式昆虫刺探行为的有效方法. 昆虫知识，33（2）：116 – 120］

Lin KJ，Wu KM，Wei HY，Guo YY，2003. The effects of host plants on growth and development of *Bemisia tabaci* populations in China（Homoptera：Aleyrodidae）. *Acta Ecologica Sinica*，23（5）：870 – 877.［林克剑，吴孔明，魏洪义，郭予元，2003. 寄主作物对 B 型烟粉虱生长发育和种群增殖的影响. 生态学报，23（5）：870 – 877］

Perring TM，2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*，20：725 – 737.

Prado E，Tjallingii WF，1999. Effects of experimental stress factors on probing behaviour by aphid. *Entomol. Exp. Appl.*，90：289 – 300.

Tjallingii WF，1988. Electrical recording of stylet penetration activities. In：Minks AK，Harrewijn P eds. Aphids，Their Biology，Natural Enemies and Control. Volume B. Amsterdam：Elsevier Science Publishing B.V. 95 – 108.

Tsai JH，Wang KH，1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii*（Homoptera：Aleyrodidae）on five host plants. *Environment Entomology*，25：810 – 816.

van Helder M，Tjallingii WF，1993. Tissue localization of lettuce resistance to the aphid *Nasonovia ribisnigri* using electrical penetration graphs. *Entomol. Exp. Appl.*，68：269 – 278.

Wang B，Chen JQ，Zhang PF，Ma L，Wang YM，2003. Effects of post-acquisition fast on cucumber mosaic virus transmission by the cotton aphid，*Aphis gossypii*. *Acta Entomol. Sin.*，46（3）：259 – 266.［王斌，陈建群，张鹏飞，马亮，王咏妙，2003. 棉蚜获毒后禁食对其保持并传播黄瓜花叶病毒的影响. 昆虫学报，46（3）：259 – 266］

Wang YM，Zhang PF，Chen JQ，2004. Host-preference biotypes of the cotton aphid，*Aphis gossypii* Glover and the behavioral mechanism in their formation. *Acta Entomol. Sin.*，47（6）：760 – 767.［王咏妙，张鹏飞，陈建群，2004. 棉蚜寄主专化型及其形成的行为机理. 昆虫学报，47（6）：760 – 767］

Yan FM，2000. Role of glucosinolates in the host plant part preferences by the cabbage aphid，*Brevicoryne brassicae*. *Acta Entomol. Sin.*，43（3）：297 – 304.［闫凤鸣，2000. 芥子油苷在甘蓝蚜寄主部位选择行为中的作用. 昆虫学报，43（3）：297 – 304］

Yue M，Luo C，Xu HF，Gao QG，Zhang ZL，2005. Gluing techniques of gold wire electrode to *Bemisia tabaci*（Gennadius）in electrical penetration graph. *Chinese Bulletin of Entomology*，42（3）：326 – 328.［岳梅，罗晨，徐洪富，高庆刚，张芝利，2005. 刺吸电波实验中粉虱与金丝的粘连技术. 昆虫知识，42（3）：326 – 328］

Zhang PF，Chen JQ，Zhang X，Wang B，Jiang QF，2001. The feeding behavior and the acquisition of CMV by the cotton aphid，*Aphis gossypii*. *Acta Entomol. Sin.*，44（4）：395 – 401.［张鹏飞，陈建群，张闲，王斌，蒋群峰，2001. 棉蚜获得黄瓜花叶病毒的行为与取食过程的关系. 昆虫学报，44（4）：395 – 401］

（责任编辑：黄玲巧）